

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-159635

(43)Date of publication of application : 23.06.1995

(51)Int.Cl.

G02B 6/122

(21)Application number : 06-253086

(71)Applicant : SIEMENS AG

(22)Date of filing : 21.09.1994

(72)Inventor : SAUER BERND DR
MUELLER GUSTAV DR
STOLL LOTHAR

(30)Priority

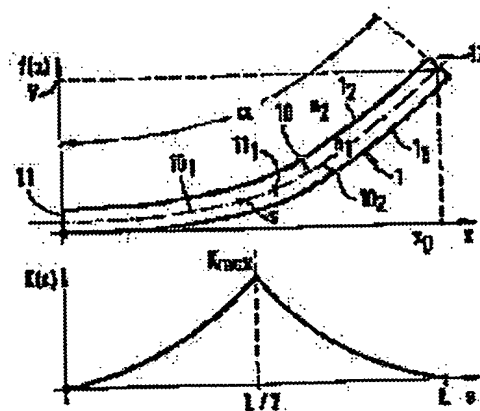
Priority number : 93 4332450 Priority date : 23.09.1993 Priority country : DE

(54) STRIP-SHAPED INTEGRATED OPTICAL WAVEGUIDE

(57)^{Abstract}:

PU. DSE: To provide a strip-shaped optical waveguide for operating optical transmission between two constituting elements arranged to be arbitrarily faced to each other of an optical circuit in which conversion loss generated due to local lateral mode distribution can be reduced.

CONSTITUTION: In a strip-shaped integrated optical waveguide having a longitudinal axial line 10 for forming optical connection between optical circuits which is curved and extended between end parts 11 and 12 of an optical waveguide 1, the longitudinal axial line 10 has curvature zero at the both ends 11 and 12 of the optical waveguide 1, and the longitudinal axial line 10 has at least two sections 101 and 102 between the both ends 11 and 12 of the optical waveguide 1 in which the curvature of the longitudinal axial line 10 is always monotonously increased to the maximum curvature in a direction from one ends of the sections 101 and 102 to the other ends related with the curvature zero at one ends of the sections 101 and 102 and size at the other ends.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-159635

(43) 公開日 平成7年(1995)6月23日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 6/122		9412-2K	G 0 2 B 6/12	A

審査請求 未請求 請求項の数10 FD (全6頁)

(21) 出願番号 特願平6-253086

(22) 出願日 平成6年(1994)9月21日

(31) 優先権主張番号 P 4 3 3 2 4 5 0 . 9

(32) 優先日 1993年9月23日

(33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(71) 出願人 390039413

シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

ドイツ連邦共和国 ベルリン 及び ミュンヘン (番地なし)

(72) 発明者 ベルント ザウエル

ドイツ連邦共和国 85356 フライジング
バルクシュトラッセ 20

(72) 発明者 グスタフ ミュラー

ドイツ連邦共和国 80993 ミュンヘン
フェルトモヒンガーシュトラッセ 41デー

(74) 代理人 弁理士 富村 潔

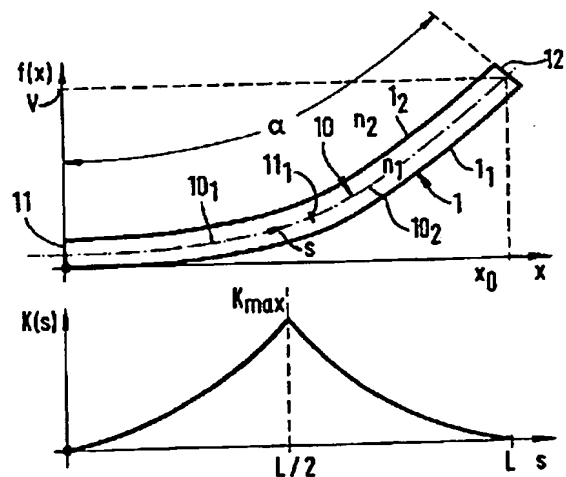
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ストリップ状の集積された光導波路

(57) 【要約】

【目的】 光学的回路の任意に相対して配置されている2つの構成要素間の光伝送を行うストリップ状の光導波路であって、局所的な横方向モード分布により生ずる変換損失をわずかにすることのできる光導波路を提供する。

【構成】 光導波路1の端部11、12の間に湾曲して延びている特に光学的回路の間の光学的接続を形成するための長手方向軸線10を有するストリップ状の集積された光導波路において、長手方向軸線10が光導波路1の両端11、12における湾曲零を有し、また長手方向軸線10が光導波路1の両端11、12の間に、それぞれ長手方向軸線10の湾曲が区間10₁、10₂の一端からその他端の方向へ区間10₁、10₂の一端における湾曲零からその他端における大きさに関して最大湾曲へ常に単調に増大する少なくとも2つの区間10₁、10₂を有する。



(2)

特開平7-159635

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光導波路(1)の端部(11、12)の間に湾曲して延びている特に光学的回路の間の光学的接続を形成するための長手方向軸線(10)を有するストリップ状の集積された光導波路において、

一長手方向軸線(10)が光導波路(1)の両端(11、12)における湾曲零を有し、また

一長手方向軸線(10)が光導波路(1)の両端(11、12)の間に、それぞれ長手方向軸線(10)の湾曲が区間(10₁、10₂、10₃、10₄)の一端(11、11₂、12; 11、12)からその他端(11₁、11₃; 11₁; 11₁、11₂)の方向へ区間(10₁、10₂、10₃、10₄)の一端(10₁、10₂、10₃、10₄)における湾曲零からその他端(11₁、11₃; 11₁; 11₁、11₂)における大きさに関して最大湾曲へ常に単調に増大する少なくとも2つの区間(10₁、10₂、10₃、10₄)を有することを特徴とするストリップ状の集積された光導波路。

【請求項2】 長手方向軸線(10)の区間(10₁、10₂、10₃、10₄)内で長手方向軸線(10)の湾曲が、通常ならば弧の長さ(s)に関係する結合係数($\kappa(s)$)が導波路(1)内を導かれる2つのモードに対してこの区間(10₁、10₂、10₃、10₄)において少なくとも近似的に一定であるという条件により決定されている長手方向軸線(10)の弧の長さ(s)の関数(K(s))であることを特徴とする請求項1記載の導波路。

【請求項3】 区間(10₁、10₂、10₃、10₄)内で湾曲が弧の長さ(s)に関係する非線形に関係することを特徴とする請求項2記載の導波路。

【請求項4】 湾曲(K(s))が少なくとも近似的に関数

$$K(s) = C_1 \cdot s \sinh(C_2 \cdot s)$$

ここでC₁およびC₂はそれぞれ予め定め得る定数に従って弧の長さ(s)に関係することを特徴とする請求項2記載の導波路。

【請求項5】 導波路(1)の横断面が長手方向軸線(10)に沿って一定であることを特徴とする請求項1ないし4の1つに記載の導波路。

【請求項6】 それぞれ導波路(1)の屈折率(n₁)と導波路を囲む媒体の屈折率(n₂)との間の屈折率跳躍を定める光学的に屈折する境界面(1₁、1₂)が導波路(1)の側面を境することを特徴とする請求項1ないし5の1つに記載の導波路。

【請求項7】 少なくとも2つの境を接する区間(10₁、10₂、10₃、10₄)内でそれぞれ長手方向軸線(10)の湾曲(K)がこの区間(10₁、10₂、10₃、10₄)の一端(11、11₂、12)からこの区間(10₁、10₂、10₃、10₄)の他端(1

1₁、11₃)の方向へ一端(11₁、11₂、12)における湾曲零からこの区間(10₁、10₂、10₃、10₄)の他端(11₁、11₃)における大きさに関して最大湾曲(K_{max})へ常に単調に増大することを特徴とする請求項1ないし6の1つに記載の導波路。

【請求項8】 少なくとも2つの境を接する区間(10₁、10₂、10₃、10₄)がそれらの境を接する端(11₁、11₃)において大きさに関して符号に関しても等しい長手方向軸線(10)の湾曲(K_{max})を有することを特徴とする請求項7記載の導波路。

【請求項9】 2つまたはそれ以上の区間(10₁、10₂、10₃、10₄)がそれらの端(11、11₁; 11₁、11₂; 11₂、11₃; 11₃、12)の間で等しい弧の長さ(L/4)を有することを特徴とする請求項7または8記載の導波路。

【請求項10】 2つの区間(10₁、10₂)の間に長手方向軸線(10)の一定の湾曲(K₀)を有する中間区間(13)が設けられており、この中間区間がこれらの両区間(10₁、10₂)の間を境することを特徴とする請求項7ないし9の1つに記載の導波路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光導波路の端部の間に湾曲して延びている特に光学的回路の間の光学的接続を形成するための長手方向軸線を有するストリップ状の集積された光導波路に関する。

【0002】

【従来の技術】集積光学における重要なデバイスの1つは、光学的回路の任意に相対して配置されている2つの構成要素の間の光伝送を保証するストリップ状の導波路である。この導波路は通常は直線状の導波路片および/または均等に湾曲した導波路片から成っている。なぜならばこれらの部分片内を導かれるモードが伝播可能であるからである。個々の導波路片は導波路接続の予め定められた方向に応じてさまざまな形式で接続され得る。

【0003】その際に最も簡単な接続形式は個々の導波路片の端部の切頭の折り曲げられずれのない結合であるエベリング(Ebeling K.J.)著「集積オプトエレクトロニクス(Integrierte Optoelektronik)シュプリンガー出版、ベルリン、1989年参照)。結合個所に、相異なる横方向の場分布および部分片の端面における位相フロントに基づいて放射損失が生ずる。

【0004】ドイツ特許第3107112C2号明細書およびベニングス(Pennings E.C.M.)著「リッジ形光導波路内の曲げ:モデリングおよび実験(Bends in optical ridge waveguides)」デルフト工科大学、オランダ、1990年に、直線状の導波路片と均等に湾曲した導波路片との間または2つの均等に湾曲した導波路片の間の結合損失が導波路の長手方向軸線の横方向のずれにより減ぜら

(3)

特開平7-159635

3

れることが示されている。しかし、このような個所における結合損失は一般に偏光に関係し、また製造許容誤差に非常に敏感である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、光学的回路の任意に相対して配置されている2つの構成要素の間の光伝送を行うストリップ状の光導波路であって、局所的な横方向モード分布により生ずる変換損失をわずかにすることのできる光導波路を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】この課題は請求項1の特徴部分により解決される。

【0007】本発明による導波路の有利な実施態様は請求項2以下にあげられている。

【0008】

【発明の効果】本発明による導波路は下記の利点を有する。

a) 導波路の端部における湾曲が零に選ばれているので、導波路の連結がずれなしに、従ってまた高い製造精度で行われ得る。

b) 直線状のデバイスへの導波路の1つの端部の連結が2つの直線状の導波路の間の結合個所に相当する。このような結合個所における結合損失がわずかなディメンジョンニング費用で維持できる。

c) 波伝播が偏光に無関係に行われる得るように、湾曲した導波路が強い横方向の波案内を有し得る。

d) 湾曲した導波路に対して典型的である放射損失が強い横方向の波案内により完全に抑制され得る。

e) 導波路に沿う湾曲関数の特別な選定により、局所的な横方向のモード分布の変化により生ずる変換損失が最小化され得る。

f) 導波路の湾曲した延び具合が直線状の導波路片または均等に湾曲した導波路片の挿入により追加的な変換損失なしに拡張または変更され得る。

【0009】

【実施例】以下、図面に示されている実施例により本発明を一層詳細に説明する。

【0010】各図において湾曲したストリップ状の導波路は符号1を、導波路1の両端は符号11および12を、導波路1の長手方向軸線は符号10を、また長手方向軸線10の区間は符号10₁、10₂、10₃および10₄を付されている。

【0011】区間10₁の端部は符号11および11₁を、区間10₂の端部は符号11₁および11₂を、区間10₃の端部は符号11₂および11₃を、また区間10₄の端部は符号11₃および12を付されている。

【0012】各導波路1は側面を、導波路1の屈折率n₁と導波路1を囲む媒体のこの屈折率n₂にくらべて低い屈折率n₂との間の屈折率跳躍を定める光学的に屈折

4

する境界面1₁および1₂により境されている。さらに各導波路1は、この導波路1がたとえば紙面に対して垂直に測って一定の厚みと紙面に対して平行かつ長手方向軸線10に対して垂直に測って一定の幅を有することによって、長手方向軸線10に沿って一定の横断面を有し、その際に側面の境界面1₁および1₂はたとえば長手方向軸線に対してほぼ平行かつ紙面に対してほぼ垂直である。

【0013】図1による導波路1の長手方向軸線10は2つの横方向にずれた光学的デバイスの連結のために利用され得るようにS字状の曲がり有し、またたとえば4つの直接的に相い続く区間10₁ないし10₄に分割されている。導波路1の一方の端部11と合致する一方の端部および他方の端部を有する第1の区間10₁のなかで湾曲は導波路1の一方の端部11からこの区間10₁の他方の端部11₁の方向へ湾曲零から連続的に単調にたとえば正の最大湾曲K_{max}へ増大する。逆に言えば、湾曲は端部11₁における最大湾曲K_{max}から連続的に単調にこの区間10₁の他端11における湾曲零へ減少する。両方の言い方はこれらのまたはすべての他の区間に対して等価である。

【0014】区間10₁の他端11₁と合致する一方の端部11₁および他方の端部11₂を有し、区間10₂の右に境を接する区間10₂においては、湾曲はこの区間10₂の他方の端部11₂における湾曲零から一方の端部11₁の方向へ連続的に単調にこの一方の端部11₁における正の最大湾曲K_{max}へ増大し、またはこの一方の端部11₁における正の最大湾曲K_{max}からこの区間10₂の他方の端部11₂の方向に連続的に単調にこの他方の端部11₂における湾曲零に減少する。

【0015】同様に、区間10₁の他端11₂と合致する一方の端部および他方の端部11₃を有し、区間10₃の右に境を接する区間10₃においては、湾曲はこの区間10₃の一方の端部11₂における湾曲零からこの区間10₃の他方の端部11₃の方向へこの他方の端部11₃における負の最小湾曲-K_{max}へ減少し、またはこの端部11₃における大きさに関する最大湾曲|K_{max}|へ増大する。

【0016】最後に、区間10₃の他端11₃と合致する一方の端部および導波路1の他方の端部11₂と合致する一方の端部を有し、区間10₄の右に境を接する区間10₄においては、湾曲は一方の端部11₃における負の最大湾曲-K_{max}からこの区間10₄の他方の端部11₂の方向へ連続的に単調にこの他方の端部11₂における湾曲零へ増大し、または一方の端部11₃における大きさに関する最大湾曲|K_{max}|から他方の端部11₂の方向へこの他方の端部11₂における湾曲零へ減少する。別の言い方をすれば、湾曲はこの区間10₄の端部11₂における湾曲零からこの区間10₄の他端11₃の方向に連続的に単調に他端11₃における大きさに関する最

(4)

特開平7-159635

5

大湾曲 $|K_{\max}|$ へ増大し、またはこの端部 11₁ における最小の負の湾曲 $-K_{\max}$ へ減少する。前記のように、すべてのこれらの言い方は等価である。

【0017】たとえば導波路 1 の一方の端部 11 から測った長手方向軸線 10 の弧の長さ s に関する湾曲の仕方は好ましくはこの弧の長さ s の非線形関数 $K(s)$ 、好ましくは少なくとも近似的に関数

$$K(s) = C_1 \cdot \sinh(C_2 \cdot s)$$

である。ここで C_1 および C_2 はそれぞれ光導波路ジオメトリにより決定されている予め定め得る定数である。

【0018】図 1 中には下部に弧の長さ s の関数 $K(s)$ としての湾曲の仕方が曲線で示されており、その際にたとえば導波路 1 の一方の端部 11 には弧の長さ $s = 0$ が、また他方の端部 12 にはこれらの端部 11 と 12 との間の湾曲した長手方向軸線 10 の弧に関する全長 L が対応付けられている。

【0019】たとえば区間 10₁、10₂、10₃ および 10₄ のそれらの端部 11 と 11₁ との間、11 と 11₂ との間、11₂ と 11₁ との間または 11₃ と 12 との間の弧の長さは、これらの区間 10₁、ないし 10₄ の各々が弧の長さ $L/4$ を有するように等しく選定されている。このことは好ましいが、不可欠ではない。

【0020】図 1 の上部には、関数 $K(s)$ に相応して湾曲した長手方向軸線 10 の実際の S 字状の位置的分布、従ってまた導波路 1 の端部 11 および 12 での長手方向軸線 10 の接線に平行な横座標上にとられた位置座標 x の関数 $f(x)$ としての湾曲した導波路 1 自体の位置的分布が示されている。横座標に平行に測られた導波路 1 の端部 11 と 12 との間の間隔は符号 x_0 を、また横座標に平行にかつ縦座標に垂直に測られたこれらの端部 11 と 12 との間の間隔は符号 V を付されている。

【0021】図 1 による導波路ではリブの $4 \mu\text{m}$ の幅、 3×10^{-2} の有効屈折率跳躍および波長 $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$ の際に、 $x_0 = 2 \text{mm}$ および $V = 680 \mu\text{m}$ を有する導波路 1 に対する計算される変換損失は 0.03dB である。

【0022】図 2 には、区間 10₁ および 10₂ を有する図 1 による導波路 1 の左半部に相当する湾曲した長手方向軸線 10 を有する導波路 1 の一例が示されている。図 2 中ではこれらの区間 10₁ および 10₂ は等しい長さ $L/2$ 、すなわち導波路 1 の端部 11 と 12 との間の長手方向軸線 10 の弧の長さに関する全長 L の半分の長さを有する。また図 2 の曲線に示されている関数 $K(s)$ は図 1 中の関数 $K(s)$ の左半部に相当する。従って、図 2 によるこの導波路 1 においても長手方向軸線 10 は端部 11 および 12 において湾曲零を有する。図 1 による長手方向軸線 10 と相違して図 2 による長手方向軸線 10 は導波路 1 の他端 12 において位置座標 x の横座標に対してある角度をなす接線を有する。図 2 による導波路 1 により、角度 α だけ互いに曲げられた 2 つの

6

デバイスが光学的に互いに結合され得る。

【0023】図 3 による例は、長手方向軸線 10 の両区間 10₁ および 10₂ が直接に隣接しておらず、長手方向軸線 10 がこれらの両区間 10₁ および 10₂ の間に挿入されており一定の正の最大湾曲 K_{\max} と弧角度 ϕ_k に相当する弧の長さ $L_2 - L_1$ とを有する中間区間 13 を有する点でのみ図 2 による例と相違している。弧の長さ L_1 および $L - L_2$ の両区間 10₁ および 10₂ は直接に中間区間 13 に境を接している。 L は同様に導波路 1 の端部 11 と 12 との間の長手方向軸線 10 の弧の長さに関する全長を意味する。

【0024】長手方向軸線 10 の中間区間 13 を有する導波路 1 の挿入は、

- 1) 中間区間に沿う導波路横断面が不変にとどまり、
- 2) このような導波路 1 の挿入が長手方向軸線 10 に関して横方向のずれなしに行われ、また
- 3) 長手方向軸線 10 に沿う弧の長さ s の関数としての湾曲 $K(s)$ が連続関数である場合には、追加的な変換損失を惹起しない。

【0025】本発明による導波路の機能の一層良好な理解のために以下に説明する。

【0026】導波路 1 の横方向のジオメトリは、導波路が区間 10₁、10₂、10₃ または 10₄ 内で 2 つのモードを導くように行われる。これらの区間 10₁、10₂、10₃ または 10₄ の各々の一端 11₁、11₂ における大きさに関する最大湾曲 $|K_{\max}|$ はその際に、両モードおよび偏光方向に対する放射減衰が無視可能に小さいように選定すべきである。

【0027】長手方向軸線 10 の弧の長さ s の関数としての湾曲 $K(s)$ は、長手方向軸線 10 に沿う導波路 1 の 2 つのモードの間の通常は弧の長さ s に関する結合係数 $\kappa(s)$ が一定であるという条件により決定されるシュボルレーダー (Sporleder F.)、ウンガー (Unger H.-G.) 著「導波路テーパおよび移行およびカップラ」IEEE 電磁波シリーズ 6 (Peter Peregrinus LTD, 1979) 参照。

【0028】 $\kappa(s) =$ 一定に結合定数を決定することにより光パワーの一定成分 $p = \kappa^2 / (\kappa^2 + \Delta\beta^2)$ は導波路 1 の 2 つの局所的モードの間で揺動する (上述のシュボルレーダー他著の文献参照)。その際に $\Delta\beta$ は、導波路 1 の一定の幅に対して弧の長さ s の関数としての湾曲 $K(s)$ に近似的に無関係であるモードの位相定数の差を記述する。 $L^2 = \pi^2 / (\kappa^2 + \Delta\beta^2)$ により計算される導波路 1 の端部 11 と 12 との間の長手方向軸線 10 の全長 L の整数倍の後に、すべての案内されるパワーは、これが導波路の端部 11 と 12 との間で励起された場合には、再び基本モード内に位置する。

【0029】湾曲した導波路 1 の構成のために端部 11 と 12 との間の長手方向軸線 10 の特定の全長が守られなければならないことは回避されるべきであり、従って

(5)

特開平7-159635

7

$\kappa(s)$ = 一定における結合定数を小さくすることによりパワー成分 p が、導波路が任意の長さに切断され得るように小さく選ばれ得る。この場合、最大で光パワーの偏光された成分 p が失われる。 $p \ll 1$ に対しては導波路 1 は断熱的なカップラに移行する（上述のシュボルレーダー他著の文献参照）。

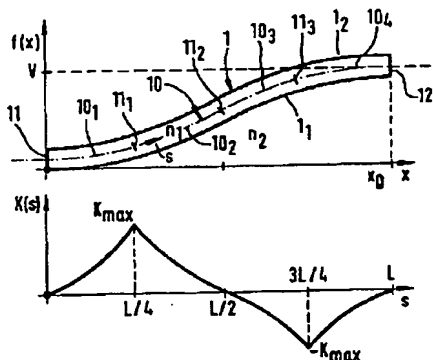
【0030】弧の長さ s の関数としての湾曲 $K(s)$ の一般的な経過は $\kappa(s)$ = 一定により決定されており、また導波路 1 の両端 11 および 12 において湾曲が零であるという仮定のもとに計算され得る。弧の長さ s の関数としての湾曲 $K(s)$ の経過から導波路 1 の長手方向軸線 10 の位置的分布が決定され得る。

【0031】本発明による導波路は集積された光学計において重要なすべての材料システムにおいて実現され得る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による導波路の1つの実施例の平面図を、それに対応付けられており紙面に平行に延びている湾曲した長手方向軸線の弧の長さ s の湾曲 $K(s)$ の関

【図1】



8

数を示すダイアグラムと共に示す図。

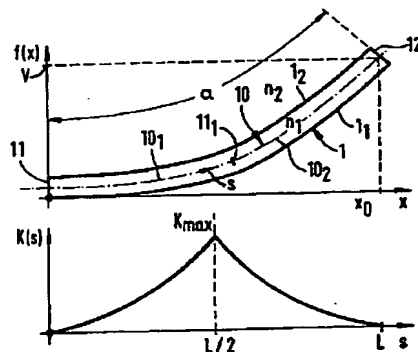
【図2】本発明による導波路の別の実施例の平面図を、それに対応付けられており紙面に平行に延びている湾曲した長手方向軸線の弧の長さ s の湾曲 $K(s)$ の関数を示すダイアグラムと共に示す図。

【図3】本発明による導波路の別の実施例の平面図を、それに対応付けられており紙面に平行に延びている湾曲した長手方向軸線の弧の長さ s の湾曲 $K(s)$ の関数を示すダイアグラムと共に示す図。

10 【符号の説明】

- 1 導波路
- 10 長手方向軸線
- 101 ~ 104 長手方向軸線の区間
- 111 ~ 103 区間の端部
- 11、12 導波路の端部
- 13 中間区間
- K 湾曲
- s 弧の長さ

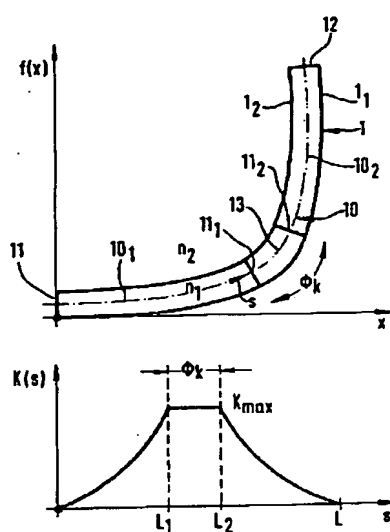
【図2】



(6)

特開平7-159635

【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 ロタール シュトル
 ドイツ連邦共和国 81369 ミュンヘン
 フレッツァーガッセ 11アー